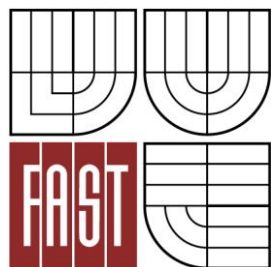




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

MOST PŘES SILNICI I/11 BRIDGE ACROSS THE I/11 ROAD

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JAN MACÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Jan Macák

Název Most přes silnici I/11

Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Panáček

**Datum zadání
diplomové práce** 31. 3. 2014

**Datum odevzdání
diplomové práce** 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.

ČSN 73 6214 Navrhování betonových mostních konstrukcí.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady.

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

Zásady pro vypracování

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnoťte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu proveďte podle mezních stavů včetně vlivu výstavby mostu.

Mostní konstrukci můžete prodloužit na úkor násypů silničního tělesa popř. upravit niveletu.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Josef Panáček
Vedoucí diplomové práce



Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem silničního mostu. Objekt se nachází na silnici II. třídy S 7,5/50 a je veden přes silnici I/11 a přeložku MK v Bystřici. Byly vypracovány tři varianty, z nichž byl vybrán spojitý desko-trámový nosník o 6-ti polích pro podrobné zpracování. K této variantě je zpracován statický výpočet nosné konstrukce, ve kterém je zahrnuta i časová analýza konstrukce (jednotlivé fáze výstavby). Statický výpočet je posouzen na mezní stavy dle platných evropských norem. Součástí diplomové práce je také výkresová dokumentace, časový harmonogram výstavby a 3D vizualizace mostního objektu.

Klíčová slova

Předpjatý beton, most, spojitý nosník, desko-trámový nosník, časová analýza konstrukce, diplomová práce, statický výpočet, vizualizace, výkresová dokumentace.

Abstract

This diploma thesis deals with a project of a road bridge. The bridge is located on a second class road S 7.5/50 and goes over a I/11 road and a local road crossing in Bystřice. Three options of the road bridge are conceived out of which the connected beam girder is chosen for further development. A calculation of the structural stability of the load-bearing construction, that includes time analysis of the construction work (i.e. particular phases of the construction), is added to the project. The structural stability calculation is assessed in accordance with valid European standards. Drawing documentation, a time schedule and 3D visualization of the road bridge is also attached to the diploma thesis.

Keywords

Prestressed concrete, the bridge, connected girder, beam girder, time analysis of the construction, diploma thesis, structural stability calculation, vizualization, drawing docomantation



VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Jan Macák *Most přes silnici I/II*. Brno, 2015. 29 s., 221 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Josef Panáček



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Jan Macák



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat mému vedoucímu, panu Ing. Josefu Panáčkovi, za odbornou pomoc při tvorbě diplomové práce a za veškeré materiály a informace, které mně poskytl. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni za gramatickou korekci a za podporu, kterou mi věnovala.



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

Obsah textové části

- Zadání VŠKP
- Abstrakt a klíčová slova v českém a anglickém jazyce
- Bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690
- Prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora
- Poděkování
- Úvod
- Vlastní práce:
 - Průvodní zpráva
 - P. Přílohy textové části
 - P.1 - Použité podklady a varianty řešení
 - P.2 - Výkresy - přehledné, podrobné a detaily
 - P.3 - Stavební postup a vizualizace
 - P.4 - Statický výpočet
- Závěr
- Seznam použitých zdrojů
- Seznam použitých zkratk a symbolů
- Seznam příloh



Úvod

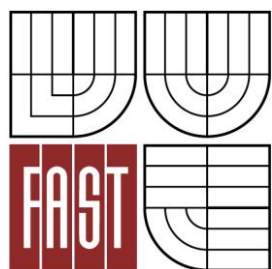
Tato diplomová práce se zabývá přemostěním komunikace I/11 a přeložky místní komunikace v Bystřici silničním mostem. Za tímto účelem byly vypracovány tři varianty řešení nosné konstrukce.

U první varianty byl zvolena jako nosná konstrukce desko-trámový nosník z dodatečně předpjatého betonu. Druhá varianta se skládá z dvoutrámové nosné konstrukce rovněž z dodatečně předpjatého betonu. V poslední variantě je nosná konstrukce tvořena jednokomorovým nosníkem opět z dodatečně předpjatého betonu. Varianta desko-trámového nosníku z dodatečně předpjatého betonu je zpracována podrobně v dodaných přílohách.

Tato varianta byla staticky posuzována na mezní stavy únosnosti (ULS) a použitelnosti (SLS) včetně vlivu výstavby mostu dle platných norem ČSN EN. Dále k ní byla vypracována přehledná a podrobná výkresová dokumentace s výkresy určených detailů, která nám poskytuje údaje o přesném umístění objektu, geometrii nosné konstrukce a spodní stavby, technickém řešení mostu a poloze předpínací a betonářské výztuže v nosné konstrukci. Vše bylo řešeno po konzultaci a v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce. Součástí práce diplomové práce je i vizualizace mostního objektu a časový harmonogram výstavby.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN MACÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JOSEF PANÁČEK

BRNO 2015

Obsah technické zprávy

1. Identifikační údaje mostu	3
2. Základní údaje o stavbě	4
3. Zdůvodnění mostu a jeho umístění.....	5
3.1. Změny oproti zadání.....	5
3.2. Charakter překážky a převáděné komunikace	5
3.2.1. Údaje o převáděné komunikaci	5
3.2.2. Údaje o křižující překážce	6
3.3. Územní podmínky	6
3.4. Geotechnické a hydrogeologické podmínky	6
4. Varianty řešení.....	7
4.1. Varianta č. 1.....	7
4.2. Varianta č. 2.....	7
4.3. Varianta č. 3.....	8
5. Technické řešení vybrané varianty	9
5.1. Materiály konstrukčních prvků mostu.....	9
5.2. Popis konstrukce mostu.....	9
5.2.1. Zemní práce.....	9
5.2.2. Založení mostu	10
5.2.3. Spodní stavba - opěry	10
5.2.4. Spodní stavba - pilíře.....	10
5.2.5. Nosná konstrukce	11
5.2.6. Uložení nosné konstrukce	11
5.2.7. Mostní závěry	12
5.2.8. Vozovka.....	12
5.2.9. Římsy.....	12
5.3. Vybavení mostu.....	13
5.3.1. Bezpečnostní zařízení.....	13
5.3.2. Odvodnění	13
5.3.3. Úprava terénu pod a kolem mostu.....	13
5.3.4. Ochrana zasypaných ploch betonu	14
5.4. Zvláštní zařízení na mostě	14
6. Statické posouzení	15
7. Výstavba mostu	16
7.1. Postup a technologie stavby	16
7.2. Vztah k území.....	16



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

1. Identifikační údaje mostu

Stavba:	I/11 Oldřichovice - Bystřice
Název stavby:	SO 213 - Most na stávající silnici Bystřice - Hrádek přes silnici I/11
Katastrální obec:	Bystřice nad Olší
Kraj:	Moravskoslezský
Investor:	Ředitelství silnic a dálnic ČR - Správa Ostrava Mojmírovců 5 709 81, Ostrava - Mariánské hory
Nadřízený orgán:	Ministerstvo dopravy ČR Nábřeží Ludvíka Svobody 12/1222 110 15 Praha 1
Uvažovaný správce mostu:	Moravskoslezský kraj
Projektant mostu	Bc. Jan Macák Lipůvka 157 679 22, Lipůvka
Pozemní komunikace:	Pozemní komunikace II. třídy S 7,5/50
Přemostované překážky:	km 0,437 211 - SO 128 Přeložka MK v Bystřici km 0,471 367 - SO 101 Silnice I/11



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

2. Základní údaje o stavbě

Druh převáděné komunikace:	Pozemní komunikace
Druh překračované překážky:	Most přes pozemní komunikace
Počet mostních otvorů:	6
Výšková poloha mostovky:	S horní mostovkou
Měnitelnost základní polohy:	Nepohyblivý most
Doba užívání:	Trvalý
Průběh trasy na mostě:	Výškově v oblouku, směrově v přechodnici a oblouku
Půdorysné uspořádání:	Kolmý
Výchozí charakteristika:	Trámový
Omezení volné výšky:	Neomezená volná výška
Délka přemostění:	127,500 m
Délka mostu:	138,800 m
Délka nosné konstrukce:	130,500 m
Rozpětí jednotlivých polí:	18,500 + 4 x 23,000 + 18,500
Šikmost mostu:	Kolmý (90°)
Volná šířka mostu:	8,100 m
Šířka veřejného chodníku:	1,500 m
Šířka nosné konstrukce:	10,650 m
Šířka mostu:	11,150 m
Výška mostu:	~6,400 m
Stavební výška:	1,220 m
Plocha mostu:	$11,150 \times 130,500 = 1455,075 \text{ m}^2$
Zatížení mostu:	Zatěžovací třída I (ČSN EN 1992 - 1)

3. Zdůvodnění mostu a jeho umístění

3.1. Změny oproti zadání.

Ve směrovém řešení mostu není oproti zadání změna. Výška nosné konstrukce byla ovšem snížena o 0,200 m na 1,100 m. Dále byly náběhy konzol do trámu zaobleny. Výška nivelety byla snížena o 0,200 m z důvodu zmenšení výšky nosné konstrukce.

3.2. Charakter překážky a převáděné komunikace

3.2.1. Údaje o převáděné komunikaci

Most se nachází na stávající silnici mezi obcemi Bystřice a Hrádek.

Z hlediska směrového řešení je most v přímé, od km 0,460 454 v přechodnici, na kterou od km 0,510 454 navazuje směrový oblouk o poloměru $R=180,0$ m.

Příčný sklon v přímé je jednostranný 2,5%, v přechodnici příčný sklon narůstá až na 4,5%. Tento sklon je poté i v kruhovém oblouku.

Z hlediska výškového řešení je most ve výškovém oblouku o poloměru $R=1600$ m

Sklon nivelety je proměnný (stoupání +3,7% ~ klesání -4,7%). Nejvyšší bod nivelety je v km 0,456 680 v nadmořské výšce 355,000 m.

V km 0,437 211 se kříží osa mostu s SO 128 Přeložkou MK v Bystřici.

V km 0,471 367 se kříží osa mostu s SO 101 Silnicí I/11

Šířkové uspořádání na mostě

- Levá římsa s veřejným chodníkem	2,250 m
- Zpevněná krajnice	0,500 m
- Vodící proužek	0,250 m
- Jízdní pruh	3,300 m
- Jízdní pruh	3,300 m
- Vodící proužek	0,250 m
- Zpevněná krajnice	0,500 m
- Římsa se zábradelním svodidlem	0,800 m
- Celkem	11,150 m

(Pozn. Šířka jízdního pruhu je rozšířena o 0,3 m z důvodu oblouku)

3.2.2. Údaje o křižující překážce

Mostní objekt přemostňuje dvě překážky.

V km 0,437 211 přemostňuje S0 128 Přeložku MK v Bystřici. V místě křížení je místní komunikace směrově v přímé a výška nivelety v ose je 348,405 m.n.m.

Úhel křížení mezi osami komunikací je 43,5°

V km 0,471 367 křižuje SO 101 Silnici I/11. V místě křížení je komunikace také směrově v přímé. Úhel křížení mezi osami komunikací je 41,7°

V obou případech jsou dodrženy požadované průjezdové profily šířky 7,5 (respektive 11,25) m a výšky 4,950 m (4,8 m základní výška + 0,15 m bezpečnostní rezerva pro podjezd)..

3.3. Územní podmínky

Most je situován v extravilánu obce Bystřice nad Olší v nadmořské výšce kolem 350 m.n.m. Nachází se na silnici II. třídy S 7,5/50 mezi obcemi Bystřice a Hrádek přibližně 7 km od Třince a nedaleko česko-polských hranic.

3.4. Geotechnické a hydrogeologické podmínky

Byla provedena jedna geologická penetrační sonda (J-332) do hloubky 6 m pod úroveň terénu. Geotechnický profil vrtu je podrobně vykreslen v příloze P.3.8.

Geotechnický profil:

0,0-0,1	Humózní hlína s kořínky	(MLO)
0,1-1,2	Jíl štěrkovitý	(F2 CG)
1,2-2,9	Štěrka s příměsí jemnozrnné zeminy	(G3 GF)
2,9-4,4	Prachovec	(R6)
4,4-6,0	Prachovec	(R5)

Hladina podzemní vody byla naražena v hloubce 1,2 m pod úrovní terénu, ustálená hladina podzemní vody byla zjištěna 0,5 m pod úrovní terénu.

Na základě výše uvedených skutečností lze hodnotit základové poměry mostního objektu jako složité z důvodu přítomnosti podzemní vody. Agresivita podzemní vody je slabá (XA1).

4. Varianty řešení

Byly navrženy celkem 3 varianty řešení nosné konstrukce.

4.1. Varianta č. 1

Nosnou konstrukci varianty č. 1 tvoří jedno-trámový nosník z dodatečně předpjatého betonu. Most je tvořen spojitým nosníkem o 6-ti polích s rozpětím $18,5 + 4 \times 23,0 + 18,5$ m. Výška nosné konstrukce v trámu je 1,100 m. Konzoly mají proměnnou výšku 0,250 ~ 0,500 m. Změna výšky průřezu je vytvořena kružnicovým zaoblením. Šířka nosné konstrukce je 10,650 m, spodní šířka trámu je 3,000 m. Nosná konstrukce je na pilířích uložena jednobodově, v krajních opěrách je pak nosná konstrukce uložena na dvojici ložisek. Z tohoto důvodu jsou na koncích nosné konstrukce vytvořeny (koncové) příčníky.

Výhodou tohoto řešení je nízká konstrukční výška a velký prostor pro umístění předpínací výztuže. Pro navrhované rozpětí je tento průřez velice ekonomický.

Varianta č. 1 je vybrána pro podrobnější řešení.

4.2. Varianta č. 2

V této variantě je navržen dvoutrámový průřez z dodatečně předpjatého betonu. Nosnou konstrukci opět tvoří spojitý nosník o 6-ti polích s jednotlivými délkami $18,5 + 4 \times 23,0 + 18,5$ m. Šířka nosné konstrukce je 10,650 m, celková výška nosné konstrukce je 1,300 m. Trámy mají osovou vzdálenost 5,000 m. Horní deska je mezi trámy vysoká 0,250 ~ 0,350 m. Konzoly, které vychází z trámu, mají proměnnou výšku 0,250 ~ 0,350 m. Konstrukce je na pilířích uložena opět jednobodově, z tohoto důvodu je mezi trámy vybetonován příčník. V krajních opěrách je konstrukce uložena na dvojici ložisek, opět na zbudovaných (koncových) příčnicích.

Výhoda tohoto řešení je ekonomický průřez, který lze jednoduše vyztužit. Nevýhoda je ovšem nutnost příčníků při volbě jednobodového uložení a vyšší konstrukční výška než ve variantě č. 1.

4.3. Varianta č. 3

Zde byl navržen jednokomorový nosník s šikmými stěnami. Nosná konstrukce je opět tvořena spojitým nosníkem, ovšem pouze o třech polích. Rozpětí jednotlivých polí je $39,1 + 46,0 + 39,1$ m. U této varianty je nosná konstrukce zkrácena z důvodu zachování ekonomického poměru krajních a středních polí. Šířka nosné konstrukce je 10,650 m. Výška nosné konstrukce je 2,070 m. Nosná konstrukce je vždy uložena na dvojici ložisek, nad uložením jsou vytvořeny příčníky, které jsou opatřeny průleznými otvory.

Tato konstrukce je pro mé zadání velice nevýhodná z důvodu pracného provádění a vysoké konstrukční výšky. Vznikají také nevzhledné nízké pilíře s většími půdorysnými rozměry.

V následujícím textu technické zprávy se budu zabývat pouze variantou č.1, která je vybrána pro podrobnější řešení.

5. Technické řešení vybrané varianty

5.1. Materiály konstrukčních prvků mostu

Podkladní beton	C12/15 XA1
Piloty	C25/30 XA1
Základy opěr	C30/37 XF2
Základy pilířů	C30/37 XF4
Pilíře	C35/45 XF4
Opěry	C30/37 XF4
Přechodové desky	C25/30 XF1
Ložiskové bloky	C30/37 XF4
Nosná konstrukce	C35/45 XF2
Římsy	C30/37 XF4
Betonářská výztuž B550B	

5.2. Popis konstrukce mostu

5.2.1. Zemní práce

Na všech místech výkopů a budoucích násypů bude odstraněna ornice do hloubky 0,300 m. Poté začnou samotné výkopové práce. Výkopový materiál se odveze na deponii a v případě potřeby se použije na pozdější zásypy. Stavební jámy budou svahové ve sklonu 1:1, pouze u pilíře 3 a 5 bude výkop chráněn štětovou stěnou dl. 6 m z důvodu plynulosti dopravy na komunikaci I/11. Dno stavební jámy bude oproti půdorysným rozměrům základu rozšířeno o 0,700 m z důvodu pohodlnějšího provádění základových pásů. Všechny stavební jámy musí být řádně odvodněny. Podkladní beton je navržen z betonu C12/15 o tloušťce 0,150 m s přesahy 0,200 m oproti půdorysným rozměrům základu. Zásypy za opěrami budou provedeny ze zhutněného štěrkopísku 0 - 32. Materiál musí být nenamrzavý. Zásyp stavebních jam pilířů 4 a 5 bude proveden do výšky 1,600 m z betonu C12/15 z důvodu vysokého zatížení od přilehlé komunikace I/11. Hutnění bude provedeno řádně podle vzorových listů.

5.2.2. Založení mostu

Z důvodu, složitých základových poměrů je most založen hloubkově na vrtaných pilotách Ø900 mm délky 12,000 m. Opěry budou založeny na celkem 10 pilotách, které budou ve dvou řadách a s osovou vzdáleností 2,300 m. Piloty opěr navazují na základový pás z železobetonu široký 3,750 m a vysoký 1,000m. Pilíře budou založeny na celkem 4 pilotách čtvercově rozmístěných s osovou vzdáleností 2,400 m. Piloty pilířů navazují na základovou patku s rozměry 4 x 4 m, vysokou 1,1 m.

5.2.3. Spodní stavba - opěry

Opěry jsou navrženy jako masivní železobetonové konstrukce. Součástí opěry je dřík, úložný práh, závěrná zídka a mostní křídla.

Dřík má svislé hrany a je široký 2,250 m. Výška dříku opěry 1 je 2,517 m, opěry 7 pak 2,477 m. Horní část dříku je tvořena úložným prahem hustě vyztuženým betonářskou výztuží pro zachycení štipných sil od reakce v ložisku. V místě ložisek je úložný práh opatřen nálitky pro vytvoření vodorovných ploch pro ložiska. Sklon úložného prahu je 4% směrem k závěrné zídce. Odvodnění úložného prahu bude zajištěno žlábkem o průměru 0,100 m. Žlábek je ve sklonu shodným se sklonem úložného prahu (opěra 1=2,5%; opěra 7=4,5%). Závěrné zídky budou od úložných prahů odděleny pracovní spárou a budou betonovány až po kompletním předepnutí nosné konstrukce. K závěrné zídce bude kloubově připevněna přechodová deska tl. 0,300 m. Přechodová deska je navržena z důvodu vysokého násypu a nestejnoměrného sedání mostu a oblasti za ním. Za opěrami jsou navržena rovnoběžná zavěšená mostní křídla lichoběžníkového tvaru z železobetonu o tloušťce 0,550 m.

Prostor za opěrami bude odváděn příčnou drenáží z PVC trubek o průměru 0,150 m uložených na jílové těsnicí vrstvě a betonovém základu z betonu C12/15.

5.2.4. Spodní stavba - pilíře

Pilíře jsou půdorysně ve tvaru 8-mi úhelníku. Rozměr specifikuji vepsanou kružnicí, která má průměr 1,250 m. Na levé straně pilíře 2. a 5. je vybedněna rýha o rozměrech 0,17 x 0,17 m pro svod odvodnění mostu (DN150). Horní část pilíře je opět tvořena úložným prahem z železobetonu, který je ve sklonu 4% směrem

k povrchu pilíře a je opatřen železobetonovými nálitky pro vytvoření vodorovné plochy pro ložisko.

5.2.5. Nosná konstrukce

Nosnou konstrukci tvoří jedno-trámový spojitý nosník z dodatečně předpjatého betonu o 6-ti polích s rozpětím $18,5 + 4 \times 23,0 + 18,5$ m. Celková délka nosné konstrukce je 130,500 m. Šířka horní desky nosné konstrukce je 10,650 m, šířka spodní hrany trámu je 3,000m. Výška nosné konstrukce v trámu je 1,100 m. Změna výšky průřezu je vytvořena kružnicovým zaoblením až na výšku 0,500 m (ve vzdálenosti 1,000 m od trámu), výška konzoly poté lineárně klesá (na délce 3,050 m u levé konzoly a na délce 2,600 m u pravé konzoly) až na výšku 0,250 m. Nosná konstrukce kopíruje příčný sklon vozovky 2,5 - 4.5% s protispádem 4% u nižší římsy, kde je vytvořeno úžlabí ve vzdálenosti 2,060 m od hrany nosné konstrukce.

Nad opěrami jsou navrženy koncové příčníky tloušťky 1,5 m z důvodu uložení na dvou ložiskách a zachycení kroutícího momentu. Koncové příčníky mají lichoběžníkový tvar. Okraje tvoří lineární náběh na délce 1,825 m z výšky 0,250 m na 1,100 m, střední část má délku 7,000 m a konstantní výšku 1,100m. Předpětí je zajištěno osmi 19 lanovými kabely umístěnými v trámu nosné konstrukce a dvěma 7 lanovými kabely v konzolách z důvodu lepšího spolupůsobení průřezu. Předepínací výztuž je z oceli Y1860-S7-15,3-A. V pracovní spáře je vždy kotvena pouze 1/2 kabelů. Kabely jsou v pracovní spáře rovnoměrně rozmístěny po průřezu.

5.2.6. Uložení nosné konstrukce

Nosná konstrukce je na opěrách uložena na dvojici ložisek, na pilířích je uložena pouze jednobodově. Byly použity hrncová ložiska typu Tetron od firmy Freyssinet.

Přehled použitých ložisek:

Opěra 1	Jednosměrné + všesměrné
Pilíř 2	Všesměrné
Pilíř 3	Všesměrné
Pilíř 4	Pevné

Pilíř 5	Jednosměrné
Pilíř 6	Jednosměrné
Opěra 7	Jednosměrné + všesměrné

Při 1. fázi je nutné zafixovat pohyblivost ložiska na pilíři 2. z montážních důvodů.

Po dokončení 2. fáze se toto ložisko opět uvolní.

Všechny ložiska jsou navrženy na vertikální sílu 8000 kN.

5.2.7. Mostní závěry

U obou opěr je navržen povrchový jedno-lamelový mostní závěr se sníženou hlučností umožňující celkový posun ± 85 mm od firmy Reisner a Wolff. Tyto délkové změny vznikají vlivem dotvarování a smršťování, vlivem teplotních změn a vlivem pootočení nosné konstrukce.

5.2.8. Vozovka

Na mostě je navržena třívrstvá vozovka celkové tloušťky 0,120 m.

Skladba vozovky

- Obrusná vrstva - Asfaltový beton ACO 11	tl. 0,040 m
- Podkladní vrstva - Asfaltový beton ACO 11	tl. 0,040 m
- Ochranná izolace - Lítý asfalt MA11 IV	tl. 0,035 m
- Celoplošná izolace z NAIP	tl. 0,005 m
- Celkem	tl. 0,120 m

5.2.9. Římsy

Po obou stranách nosné konstrukce jsou navrženy monolitické římsy z železobetonu.

Šířka levé římsy je 2,250 m z důvodu umístění veřejného chodníku, římsa je ve sklonu 2% směrem k vozovce. Do levé římsy jsou kotveny sloupky zábradelního svodidla a zábradlí.

Šířka pravé římsy je 0,8 m, římsa je ve sklonu 4% směrem k vozovce. Do římsy jsou kotveny sloupky zábradelního svodidla.

Výška okapního nosu římsy je 0,600 m, spodní hrana okapního nosu je 4% směrem od mostu. Římsy přesahují hranu nosné konstrukce o 0,250 m.

Římsy jsou kotveny do nosné konstrukce pomocí kotev. Osová vzdálenost kotev je 2 m. Kotvy jsou položeny na vrstvu celoplošné izolace. Na tuto vrstvu se poté položí vrstva ochranné izolace s výztužnou vložkou, která je přetáhuta do vzdálenosti 0,170 m za římsu.

5.3. Vybavení mostu

5.3.1. Bezpečnostní zařízení

Na obou krajních římsách jsou osazeny zábradelní svodidla ZSNH4/H2 kotvená do římsy pomocí předem osazených ocelových kotevních přípravků. Výška ocelové svodnice je 0,750 m, madlo zábradelní svodidla je ve výšce 1,200 m nad úrovní vozovky.

Na levé římse je osazeno zábradlí se svislou výplní. Výška zábradlí nad povrchem římsy je 1,100 m.

5.3.2. Odvodnění

Odvodnění nosné konstrukce bude zajištěno příčným a podélným sklonem vozovky. Z důvodu veliké délky mostu je u obou opěr a u pilíře 2 a 5 umístěn odvodňovač 500 x 300 typ Labe. Voda je poté svedena svodem DN150. U pilířů je pro svod vytvořen zářez v dříku. U opěr je vyústění svodu umístěno nad lavičkou, odkud je voda svedena do betonového skluzu.

Odvodnění izolace je rozmístěno po 4 m a je zajištěno nerezovou trubkou DN60. Ruby opěr budou odvodněny pomocí drenážních trubek z PVC o průměru 0,150 m, která je v příčném sklonu 3% a vyvádí vodu mimo spodní stavbu.

Úložný práh je odvodněn pomocí žlábků o průměru 0,100 m, příčný spád žlábků je shodný se sklonem úložného prahu

5.3.3. Úprava terénu pod a kolem mostu

Svahy pod mostem budou upraveny dlažbou z lomového kamene do podkladního betonu C12/15 o celkové tloušťce 0,350 m. Sklon svahu pod mostem bude 1:1,5 a z důvodu větší stability bude doplněn kamenným patním prahem 0,800/0,500 m. Z důvodu údržby je u obou opěr zřízena lavička o minimální šířce 1,000 m se sklonem 5% (1:20). Zpevněná plocha bude přesahovat minimálně 0,500 m

půdorys mostu a bude ukončena betonovým obrubníkem respektive revizním schodištěm.

Pod mostem a kolem dříků pilířů je navrženo zpevnění ve formě válcovaného ŠP frakce 16/32 tl. 0,150 m ukončeno záhonovým obrubníkem.

Svahové kužely mimo půdorys mostu budou upraveny hydroosevem.

U obou opěr bude provedeno přístupové schodiště z betonových prefabrikátů šířky 0,750 m. Prostor mezi schodištěm a spodní stavbou bude vydlážděn z drobného kameniva. Přístupový prostor ke schodišti bude na délce 5 m také vydlážděn z drobného kameniva.

5.3.4. Ochrana zasypaných ploch betonu

Plochy betonu, které budou zasypané, musí být chráněné proti vodnímu režimu.

Z tohoto důvodu budou natřeny jedním penetračním nátěrem, dvěma asfaltovými nátěry a opatřeny vrstvou geotextílie. Na rubové straně bude opěra v místech nad rubovou drenáží opatřena jedním penetračním nátěrem, dvěma vrstvami NAIP a dvěma vrstvami geotextílie.

5.4. Zvláštní zařízení na mostě

Na mostě není žádné zvláštní zařízení



6. Statické posouzení

Nosná konstrukce mostu byla staticky analyzována v programu Scia Engineer. V tomto programu bylo vytvořeno několik modelů. Pro účinky proměnného zatížení, určení kroutícího momentu a předběžný návrh byl vytvořen prutový 3D model, pro časovou analýzu konstrukce byl vytvořen 2D model s vlivem fází výstavby, pro příčný směr byl vytvořen desko-stěnový 3D model a pro určení podélného ohybového momentu ve směru y způsobeného předpětím byl vytvořen prutový 2D model. Konstrukce byla posouzena na mezní stavy použitelnosti a únosnosti. Statický výpočet je v samostatné příloze (P.4 – Statický výpočet).

7. Výstavba mostu

7.1. Postup a technologie stavby

Nosná konstrukce bude betonována na pevné skruži ve třech fázích výstavby.

Výkopové a zemní práce budou prováděny vždy v pořadí od opěry 1 po opěru 7.

Postup výstavby mostu

- Příprava staveniště a odkrytí ornice do hloubky 0,300 m.
- Vytvoření pilotážních plošin.
- Vrtání a betonáž pilot
- Zhotovení výkopů pro základy pilířů a zhutněné podsypy pro opěry.
- Odvodnění stavebních jam
- Bednění a betonáž základů
- Bednění opěr a pilířů a jejich následná betonáž
- Postupná výstavba nosné konstrukce (v 1. fázi - bednění, vázání výztuže, betonáž, předepnutí kabelů a ods kružení)
- Zásyp a hutnění přechodové oblasti, betonáž závěrných zídek a přechodových desek
- Osazení dilatačních závěrů, izolace
- Betonáž říms
- Provedení vrstev vozovky
- Připevnění příslušenství
- Dokončovací práce pod mostem, úprava terénu, výstavba revizního schodiště

7.2. Vztah k území

Před zahájením stavebních prací je nutno provést vytyčení všech stávajících inženýrských sítí. Při samotném průběhu stavby může dojít úniku pohonných látek z mechanizace. Při jakémkoliv zpozorování je nutné se ihned pokusit zamezit intoxikaci okolí.

.

V Brně dne 16.1.2015

.....

Jan Macák



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

Závěr

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout tři varianty a poté jednu z nich vybrat k podrobnému zpracování, které se skládalo z vypracování výkresové dokumentace, časového harmonogramu výstavby, 3D vizualizace a statického návrhu a posouzení. Konstrukce byla posouzena pro trvalé a dočasné návrhové situace na mezní stavy únosnosti i použitelnosti. Byla provedena i časová analýza do které byl zahrnut vliv postupné výstavby. Účinky zatížení na nosnou konstrukci a časová analýza byly řešeny pomocí statického programu Scia Engineer. Výpočty byly prováděny ručně v tabulkovém procesoru Microsoft Excell v souladu s EC. Výkresová dokumentace byla rýsována v programu AutoCAD 2014.

Zpracování této diplomové práce jsem věnoval dlouhé hodiny trávené pouze v přítomnosti počítače a odborné literatury. Věřím, že toto vynaložené úsilí se projevilo na kvalitě vypracovaného úkolu. Při řešení zadání jsem se opíral o znalosti získané čtyřletým studiem na Střední průmyslové škole stavební v Brně rozšířené dalším pět a půl letým studiem na Vysokém učení technickém v Brně. Velkým přínosem pro mne byly také odborné konzultace s vedoucím mé diplomové práce panem Ing. Josefem Panáčkem, který mi vycházel ochotně vstříc. Věřím, že jeho předané znalosti mi pomohou v mém budoucím profesním životě.



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

Seznam použitých zdrojů

Literatura

- J. Procházka, J. Šmejkal, J.L. Vitek, J. Vašková:

Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k normám ČSN EN 1992-1-1
a ČSN EN 1992-1-2, ČKAIT 2010

- J. Navrátil:

Předpjaté betonové konstrukce, CERM 2008

- M. Zich a kolektiv:

Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódu, Dashofer Holding 2010

- J. Stráský, R. Nečas, L. Klusáček, J. Panáček:

Betonové mosty I, opory VUT 2006

- J. Stráský:

Betonové mosty, ČKAIT 2006

Internet

- Mapové podklady - www.mapy.cz

- Podklady pro ložiska a předpínací systém - <http://www.freyssinet.cz/>

- Přednášky z předmětu BL12 - www.necasradim.cz

Normy

ČSN 73 6201: Projektování mostních objektů

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

ČSN EN 1990 VČETNĚ ZMĚNY A1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-5: Zatížení teplotou

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro
pozemní stavby

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady



Seznam použitých zkratk a symbolů

A_c	Průřezová plocha betonové části průřezu
b_w	Nejmenší šířka průřezu vzdorující smyku
I_y	Moment setrvačnosti průřezu
W_y	Průřezový modul průřezu
i_y	Poloměr setrvačnosti průřezu
E_{cm}	Sečnový modul pružnosti
f_{ck}	Charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{cd}	Výpočtová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ctm}	Střední hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$f_{ctk,0,05}$	5% kvantil pevnosti betonu v dostředném tahu
ϵ_{cu3}	Mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku
γ_c	Dílčí součinitel betonu dle EN 1992-1-1
A_p	Průřezová plocha předpínací výztuže
A_{pl}	Průřezová plocha jednoho lana předpínací výztuže
E_p	Modul pružnosti předpínací výztuže
f_{pk}	Charakteristická hodnota pevnosti v tahu předpínací výztuže
$f_{p,0,1,k}$	Charakteristická hodnota pevnosti v tahu předpínací výztuže na mezi 0,1
e_p	Excentricita předpínací síly
ϵ_p	Poměrné přetvoření předpínací výztuže
A_s	Průřezová plocha betonářské výztuže
A_{sw}	Průřezová plocha třmínkové výztuže
E_s	Modul pružnosti betonářské výztuže
f_{yk}	Charakteristická hodnota meze kluzu betonářské výztuže
f_{yd}	Výpočtová hodnota meze kluzu betonářské výztuže
ϵ_s	Poměrné přetvoření betonářské výztuže
γ_s	Dílčí součinitel betonářské nebo předpínací oceli dle ČSN EN 1992-1-1
$\sigma_{c1,c2}$	Napětí v betonu v dolních a horních vláknech průřezu
σ_p	Napětí v předpínací výztuži
σ_p^0	Základní napětí v předpínací výztuži
M_{Ek}	Charakteristická hodnota ohybového momentu
M_{Ed}	Návrhová hodnota ohybového momentu



ÚSTAV BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

VUT V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
VEVEŘÍ 331/95
602 00 Brno
TEL. 541 141 111

Diplomová práce

Jan Macák
C2K3 - KON

Seznam příloh

P.1. Použité podklady a varianty řešení

P.1.1. Zadaná geometrie mostu	Měřítko 1:300,50
P.1.2. Geotechnické poměry	
P.1.3. Varianta 1 - příčný řez	Měřítko 1:50
P.1.4. Varianta 1 - podélný řez	Měřítko 1:250
P.1.5. Varianta 2 - příčný řez	Měřítko 1:50
P.1.6. Varianta 2 - podélný řez	Měřítko 1:250
P.1.7. Varianta 3 - příčný řez	Měřítko 1:50
P.1.8. Varianta 3 - podélný řez	Měřítko 1:250

P.2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily

P.2.1. Půdorys	Měřítko 1:200
P.2.2. Podélný řez	Měřítko 1:200
P.2.3. Příčné řezy	Měřítko 1:50
P.2.4. Výkres předpínací výztuže	Měřítko 1:100,50,20
P.2.5. Výkres betonářské výztuže	Měřítko 1:25
P.2.6. Tvar a výztuž říms	Měřítko 1:10, 5
P.2.7. Detaily odvodnění	Měřítko 1:10,5
P.2.8. Geotechnický profil	Měřítko 1:50

P.3. Stavební postup a vizualizace

P.3.1. Vizualizace	
P.3.2. Stavební postup	
P.3.2.1. Schéma stavebního postupu	Měřítko 1:250
P.3.2.2. Časový harmonogram výstavby	Měřítko -

P.4 - Statický výpočet

P.4.1. Statický výpočet	
P.4.2. Technologické podklady	